

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2002203579  
PUBLICATION DATE : 19-07-02

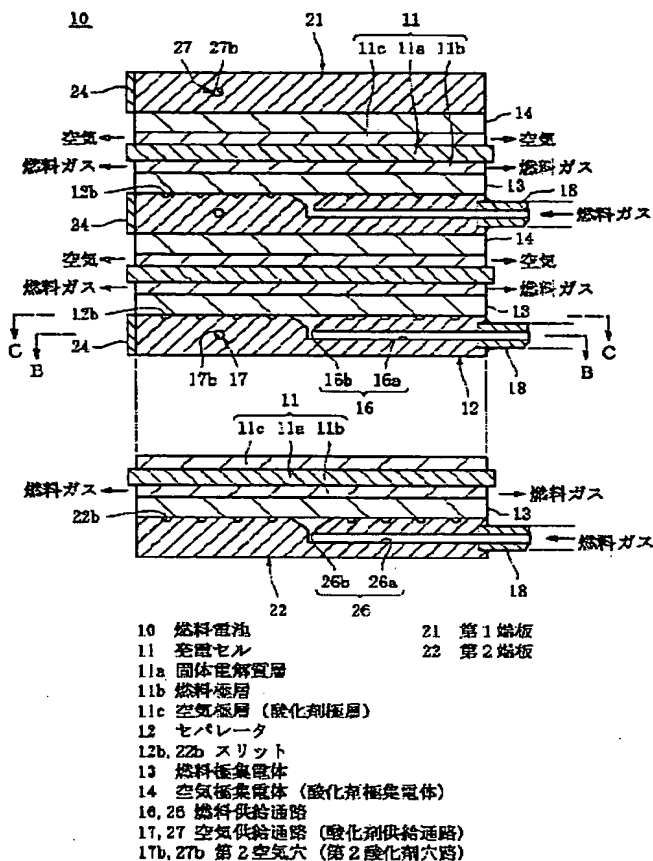
APPLICATION DATE : 28-12-00  
APPLICATION NUMBER : 2000402472

APPLICANT : MITSUBISHI MATERIALS CORP;

INVENTOR : HOSHINO KOJI;

INT.CL. : H01M 8/02 H01M 8/04 H01M 8/12  
H01M 8/24

TITLE : FUEL CELL



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To improve power generation efficiency and to prevent damage of a power generating cell.

SOLUTION: A total of n sheets of separators 12 for every one are arranged, respectively, by sandwiching between a fuel electrode layer 11b of the i-th power generating cell among the power generating cells 11 of (n+1) pieces and an oxidizer electrode layer 11c of the (i+1)-th power generating cell. A porous fuel electrode collector 13 is arranged by sandwiching between the fuel electrode layer of the i-th power generating cell and the j-th separator, and a porous oxidizer electrode layer collector 14 is arranged by sandwiching between oxidizer electrode layer of the (i+1)-th power generation cell and the j-th separator. A 1st end board 21 is laminated to the oxidizer electrode layer of the 1st power generating cell, and a 2nd end board 22 is laminated to the fuel electrode layer of the (n+1)-th power generation cell. A fuel supplying passage 16 and an oxidizer supplying passage 17 are formed in each separator, respectively, the oxidizer supply passage 17 is formed in the 1st end board, and the fuel supplying passage 16 is further formed in the 2nd end board.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO

Best Available Copy

**BLANK PAGE**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-203579  
(P2002-203579A)

(43) 公開日 平成14年7月19日 (2002.7.19)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

ターム\* (参考)

H 0 1 M 8/02

H 0 1 M 8/02

R 5 H 0 2 6

B 5 H 0 2 7

Y

8/04

8/04

X

8/12

8/12

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-402472(P2000-402472)

(22) 出願日 平成12年12月28日 (2000.12.28)

(71) 出願人 000006264

三菱マテリアル株式会社

東京都千代田区大手町1丁目5番1号

(72) 発明者 秋草 順

埼玉県大宮市北袋町1丁目297番地 三菱

マテリアル株式会社総合研究所内

(72) 発明者 星野 孝二

埼玉県大宮市北袋町1丁目297番地 三菱

マテリアル株式会社総合研究所内

(74) 代理人 100085372

弁理士 須田 正義

Fターム(参考) 5H026 AA06 BB04 CC03 EE02

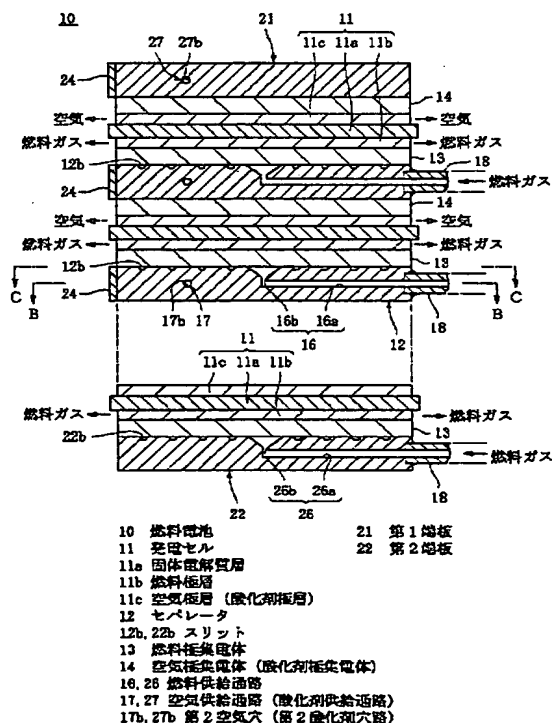
5H027 AA06 CC11 KK46 MM21

(54) 【発明の名称】 燃料電池

(57) 【要約】

【課題】 発電効率を向上し、発電セルの損傷を防止する。

【解決手段】  $(n+1)$  個の発電セル11のうち  $i$  番目の発電セルの燃料極層11bと  $(i+1)$  番目の発電セルの酸化剤極層11cとの間にはセパレータ12がそれぞれ1枚ずつ合計  $n$  枚介装される。 $i$  番目の発電セルの燃料極層と  $j$  番目のセパレータとの間には多孔質の燃料極集電体13が介装され、 $(i+1)$  番目の発電セルの酸化剤極層と  $j$  番目のセパレータとの間には多孔質の酸化剤極集電体14が介装される。1番目の発電セルの酸化剤極層には第1端板21が積層され、 $(n+1)$  番目の発電セルの燃料極層には第2端板22が積層される。各セパレータには燃料供給通路16及び酸化剤供給通路17がそれぞれ形成され、第1端板には酸化剤供給通路17が形成され、更に第2端板には燃料供給通路16が形成される。



# 【特許請求の範囲】

【請求項1】 酸化物イオン伝導体により形成された固体電解質層(11a)とこの固体電解質層(11a)の両面に配設された燃料極層(11b)及び酸化剤極層(11c)とからなる発電セル(11)が $(n+1)$ 個( $n$ は正の整数である。)積層された燃料電池であって、

前記 $i$ 番目( $i=1, 2, \dots, n$ )の発電セル(11)の燃料極層(11b)とこの燃料極層(11b)に隣接する $(i+1)$ 番目の発電セル(11)の酸化剤極層(11c)との間に導電性材料により板状に形成されたセパレータ(12)がそれぞれ1枚ずつ合計 $n$ 枚介装され、

前記 $i$ 番目の発電セル(11)の燃料極層(11b)と前記 $j$ 番目( $j=1, 2, \dots, n$ )のセパレータ(12)との間に導電性を有する多孔質の燃料極集電体(13)が介装され、

前記 $(i+1)$ 番目の発電セル(11)の酸化剤極層(11c)と前記 $j$ 番目のセパレータ(12)との間に導電性を有する多孔質の酸化剤極集電体(14)が介装され、

前記1番目の発電セル(11)の酸化剤極層(11c)に酸化剤極集電体(14)を介して導電性材料により板状に形成された単一の第1端板(21)が積層され、

前記 $(n+1)$ 番目の発電セル(11)の燃料極層(11b)に燃料極集電体(13)を介して導電性材料により板状に形成された単一の第2端板(22)が積層され、

前記 $n$ 枚のセパレータ(12)が燃料ガスをセパレータ(12)外周面から導入して前記セパレータ(12)の略中心から前記燃料極集電体(13)に向かって吐出させる燃料供給通路(16)と、酸化剤ガスを前記セパレータ(12)外周面から導入して前記セパレータ(12)の酸化剤極集電体(14)に対向する面から吐出させる酸化剤供給通路(17)とをそれぞれ有し、

前記単一の第1端板(21)が前記酸化剤ガスを前記第1端板(21)外周面から導入して前記第1端板(21)の酸化剤極集電体(14)に対向する面から吐出させる酸化剤供給通路(27)を有し、

前記単一の第2端板(22)が前記燃料ガスを前記第2端板(22)外周面から導入して前記第2端板(22)の略中心から前記燃料極集電体(13)に向かって吐出させる燃料供給通路(26)を有することを特徴とする燃料電池。

【請求項2】  $n$ 枚のセパレータ(12)に形成された各酸化剤供給通路(17)が酸化剤ガスを前記セパレータ(12)外周面から導入して前記セパレータ(12)の酸化剤極集電体(14)に対向する面からシャワー状に略均一に吐出させるように構成され、

単一の第1端板(21)に形成された酸化剤供給通路(27)が前記酸化剤ガスを前記第1端板(21)外周面から導入して前記第1端板(21)の酸化剤極集電体(14)に対向する面からシャワー状に略均一に吐出させるように構成された請求項1記載の燃料電池。

【請求項3】  $n$ 枚のセパレータ(12)に形成された酸化剤供給通路(17)が各セパレータ(12)の厚さ方向に直交す

る方向に延びて形成され基端が前記セパレータ(12)外周面に開口しかつ先端が閉止された単一の第1酸化剤穴(17a)と、前記セパレータ(12)の厚さ方向に直交する方向に延びかつ互いに所定の間隔をあけて形成され前記単一の第1酸化剤穴(17a)に連通し更に両端が閉止された複数の第2酸化剤穴(17b)と、前記セパレータ(12)の酸化剤極集電体(14)に対向する面に所定の間隔をあけかつ前記第2酸化剤穴(17b)に連通するように形成された多数の第3酸化剤穴(17c)とを有し、

単一の第1端板(21)に形成された酸化剤供給通路(27)が前記第1端板(21)の厚さ方向に直交する方向に延びて形成され基端が前記第1端板(21)外周面に開口しかつ先端が閉止された単一の第1酸化剤穴と、前記第1端板(21)の厚さ方向に直交する方向に延びかつ互いに所定の間隔をあけて形成され前記単一の第1酸化剤穴に連通し更に両端が閉止された複数の第2酸化剤穴(27b)と、前記第1端板(21)の酸化剤極集電体(14)に対向する面に所定の間隔をあけかつ前記第2酸化剤穴(27b)に連通するように形成された多数の第3酸化剤穴とを有する請求項2記載の燃料電池。

【請求項4】  $n$ 枚のセパレータ(32,52)に形成された酸化剤供給通路(37,57)が各セパレータ(32,57)の外周面から前記セパレータ(32,57)の略中心に向う単一の第1酸化剤穴(37a,57a)と、前記第1酸化剤穴(37a,57a)に連通しかつ酸化剤極集電体(14)の略中心に臨む単一の第2酸化剤穴(37b,57b)とを有し、

単一の第1端板(41,61)に形成された酸化剤供給通路(47,67)が前記第1端板(41,61)の外周面から前記第1端板(41,61)の略中心に向う単一の第1酸化剤穴(47a,67a)と、前記第1酸化剤穴(47a,67a)に連通しかつ前記酸化剤極集電体(14)の略中心に臨む単一の第2酸化剤穴(47b,67b)とを有する請求項1記載の燃料電池。

【請求項5】 燃料供給通路(16,36,66)及び酸化剤供給通路(17,37,67)のいずれにも連通しないように $n$ 枚のセパレータ(12,32,52)、単一の第1端板(21,41,61)及び単一の第2端板(22,42,62)のそれぞれに複数の挿入穴(12a,32a,52a)が形成され、前記複数の挿入穴(12a,32a,52a)にヒータ(23,43,63)又はヒータ(43)及び温度センサ(45)がそれぞれ挿入された請求項1ないし4いずれか記載の燃料電池。

【請求項6】 燃料供給通路及び酸化剤供給通路のいずれにも連通しないように $n$ 枚のセパレータ、単一の第1端板及び単一の第2端板のそれぞれに複数の軽量化穴が形成された請求項1ないし4いずれか記載の燃料電池。

【請求項7】  $n$ 枚のセパレータ(12)の燃料極集電体(13)への対向面及び単一の第2端板(22)の燃料極集電体(13)への対向面に、各セパレータ(12)及び第2端板(22)の中心から渦巻き状に延びる複数のスリット(12b,22b)がそれぞれ形成された請求項1ないし6いずれか記載の燃料電池。

【請求項 8】 n 枚のセパレータ (32, 52) の燃料極集電体 (13) への対向面及び単一の第 2 端板 (42, 62) の燃料極集電体 (13) への対向面に、各セパレータ (32, 52) 及び第 2 端板 (42, 62) の中心から放射状に延びる複数のスリット (32b, 52b, 42b, 62b) がそれぞれ形成された請求項 1 ないし 6 いずれか記載の燃料電池。

【請求項 9】 n 枚のセパレータ (32, 52) の酸化剤極集電体 (14) への対向面及び単一の第 1 端板 (41, 61) の酸化剤極集電体 (14) への対向面に、各セパレータ (32, 52) 及び第 1 端板 (41, 61) の中心から放射状に延びる複数のスリット (32b, 52b, 41b, 61b) がそれぞれ形成された請求項 1 ないし 8 いずれか記載の燃料電池。

【請求項 10】 燃料極集電体 (13) がニッケルめっき、銀めっき若しくは銅めっきされたステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金、或いはニッケル、銀又は銅により形成され、

酸化剤極集電体 (14) が銀めっき若しくは白金めっきされたステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金、或いは銀又は白金により形成され、

n 枚のセパレータ (12, 32, 52)、単一の第 1 端板 (21, 41, 61) 及び単一の第 2 端板 (22, 42, 62) がステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金のいずれかによりそれぞれ形成され、

前記燃料極集電体 (13) が前記各セパレータ (12, 32, 52) 及び前記第 2 端板 (22, 42, 62) にそれぞれ接合され、

前記酸化剤極集電体 (14) が前記各セパレータ (12, 32, 52) 及び前記第 1 端板 (21, 41, 61) にそれぞれ接合された請求項 1 ないし 9 いずれか記載の燃料電池。

【請求項 11】 n 枚のセパレータの表面、単一の第 1 端板の表面及び単一の第 2 端板の表面にニッケルめっき、クロムめっき又は銀めっきがそれぞれ施された請求項 1 ないし 10 いずれか記載の燃料電池。

【請求項 12】 酸化剤供給通路 (17) が酸化剤ガスを外周面から導入して酸化剤極集電体 (14) に対向する面からシャワー状に略均一に吐出させるように構成されたセパレータ。

【請求項 13】 酸化剤供給通路 (27) が酸化剤ガスを外周面から導入して酸化剤極集電体 (14) に対向する面からシャワー状に略均一に吐出させるように構成された第 1 端板。

【請求項 14】 酸化剤供給通路 (17) が厚さ方向に直交する方向に延びて形成され基端が外周面に開口しかつ先端が閉止された単一の第 1 酸化剤穴 (17a) と、厚さ方向に直交する方向に延びかつ互いに所定の間隔をあけて形成され前記単一の第 1 酸化剤穴 (17a) に連通し更に両端が閉止された複数の第 2 酸化剤穴 (17b) と、酸化剤極集電体 (14) に対向する面に所定の間隔をあけかつ前記第 2 酸化剤穴 (17b) に連通するように形成された多数の第 3 酸化剤穴 (17c) とを有する請求項 12 記載のセパレータ。

【請求項 15】 酸化剤供給通路 (27) が厚さ方向に直交する方向に延びて形成され基端が外周面に開口しかつ先端が閉止された単一の第 1 酸化剤穴と、厚さ方向に直交する方向に延びかつ互いに所定の間隔をあけて形成され前記単一の第 1 酸化剤穴に連通し更に両端が閉止された複数の第 2 酸化剤穴 (27b) と、酸化剤極集電体 (14) に対向する面に所定の間隔をあけかつ前記第 2 酸化剤穴 (27b) に連通するように形成された多数の第 3 酸化剤穴とを有する請求項 13 記載の第 1 端板。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、燃料極層及び酸化剤極層にて固体電解質層を挟持して構成された発電セルを有する固体酸化物型の燃料電池に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、この種の燃料電池として、発電セルがアノード、固体電解質及びカソードからなり、セパレート板が上記発電セルに交互に積層され、セパレート板のうちのリブ付多孔質基材に形成されたリブが燃料ガス及び酸化剤ガスを上記アノード及びカソードに個別に分配するように構成された固体電解質型燃料電池が開示されている（特開平 3-129675 号）。この燃料電池では、上記リブが反応ガスをリブ付多孔質基材の中央部から周縁部の反応ガス排出口に向かって放射状に流すように構成される。また反応ガス排出口はセパレート板と発電セルの積層体であるスタックの周縁部に均一に分布するように配置される。更にスタックの中央部には燃料ガス導入管及び酸化剤ガス導入管が積層方向に貫通して設けられ、これらの導入管から反応ガスがセパレート板に供給されるように構成される。このように構成された固体電解質型燃料電池では、反応ガスがスタックの中央部から周縁部に向かって流れるので、発電セルとセパレート板との間のガスシールが不要になる。また反応ガス排出口から出た反応ガスは燃料電池の周囲で燃焼するけれども、上記排出口の分布が均一であるため、燃料電池の周囲の温度は均一に保たれるようになっている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記従来の特開平 3-129675 号公報に示された固体電解質型燃料電池では、発電セル及びセパレート板の積層体であるスタックの中央部に燃料ガス導入管及び酸化剤ガス導入管が積層方向に貫通しているため、発電セルの略中心に 2 個の孔を形成する必要があるが、発電に寄与する発電セルの表面積が上記 2 個の孔の面積分だけ小さくなって、発電効率が低下する不具合があった。また、上記従来の固体電解質型燃料電池では、セパレート板のリブ付多孔質基材には反応ガスを所定の方向に導くリブが形成されているため、発電に寄与する発電セルの表面積がリブのアノード又はカソードへの接触面積分だけ小さくなって、発電効率が低下する問題点もあった。また上記従来

の固体電解質型燃料電池では、アノード等とリブ付多孔質基板とがリブのみで接触しているため、アノード等のセパレート板との電子伝導性が低く、アノード等とリブとが接触する部分近傍のみで反応が起こり易い。即ち、上記リブ間の溝中央部分ではアノード等と接触していないため、反応により生成した電子がリブに到達する前に、アノード等の電気抵抗により消滅してしまい、発電セル全面で反応させることが難しい問題点もあった。更に、上記従来の固体電解質型燃料電池では、燃料ガス導入管及び酸化剤ガス導入管を貫通させるための通孔がスタックの中央部に形成されるため、燃料ガス導入管及び酸化剤ガス導入管と上記通孔との隙間から燃料ガス及び酸化剤ガスが漏れて混ざり燃焼してしまうおそれがあった。このため燃料電池の発電効率が低下する問題点があった。なお、上記隙間にセラミックセメントを充填する方法が固体電解質型燃料電池（特開平6-196198号）に記載されているけれども、完全にシールすることは難しかった。

【0004】本発明の第1の目的は、発電に寄与する発電セルの表面を全て発電に寄与させることができ、燃料ガス及び酸化剤ガスが発電セルに供給される前、即ち発電前に混ざって燃焼することを防止でき、これらにより発電効率を向上できる、燃料電池を提供することにある。本発明の第2の目的は、起動時に昇温時間を短縮できるとともに、均一な昇温により発電セルの損傷を防止できる、燃料電池を提供することにある。本発明の第3の目的は、燃料ガスの燃料極層内での流れを制御することにより、燃料ガスと燃料極層との衝突回数を増大することができ、また酸化剤ガスを酸化剤極層の全体に略均一に流すことにより、発電セルを均一に加熱・冷却できる、燃料電池を提供することにある。本発明の第4の目的は、ステンレス鋼製などのセパレータ、第1端板及び第2端板に燃料極集電体又は酸化剤極集電体のいずれか一方又は双方を接合し、接合部分が溶着されてその接合部分の酸化を防止することにより、セパレータ、第1端板又は第2端板と、燃料極集電体又は酸化剤極集電体との長期的な電氣的導通が得られる、燃料電池を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】請求項1に係る発明は、図1に示すように、酸化物イオン伝導体により形成された固体電解質層11aとこの固体電解質層11aの両面に配設された燃料極層11b及び酸化剤極層11cとからなる発電セル11が $(n+1)$ 個（ $n$ は正の整数である。）積層された燃料電池10であって、 $i$ 番目（ $i=1, 2, \dots, n$ ）の発電セル11の燃料極層11bとこの燃料極層11bに隣接する $(i+1)$ 番目の発電セル11の酸化剤極層11cとの間に導電性材料により板状に形成されたセパレータ12がそれぞれ1枚ずつ合計 $n$ 枚介装され、 $i$ 番目の発電セル11の燃料極層11bと

$j$ 番目（ $j=1, 2, \dots, n$ ）のセパレータ12との間に導電性を有する多孔質の燃料極集電体13が介装され、 $(i+1)$ 番目の発電セル11の酸化剤極層11cと $j$ 番目のセパレータ12との間に導電性を有する多孔質の酸化剤極集電体14が介装され、1番目の発電セル11の酸化剤極層11cに酸化剤極集電体14を介して導電性材料により板状に形成された単一の第1端板21が積層され、 $(n+1)$ 番目の発電セル11の燃料極層11bに燃料極集電体13を介して導電性材料により板状に形成された単一の第2端板22が積層され、 $n$ 枚のセパレータ12が燃料ガスをセパレータ12外周面から導入してセパレータ12の略中心から燃料極集電体13に向って吐出させる燃料供給通路16と、酸化剤ガスをセパレータ12外周面から導入してセパレータ12の酸化剤極集電体13に対向する面から吐出させる燃料供給通路16とを有し、単一の第1端板21が酸化剤ガスを第1端板外周面から導入して第1端板の酸化剤極集電体14に対向する面から吐出させる酸化剤供給通路27を有し、単一の第2端板22が燃料ガスを第2端板22外周面から導入して第2端板22の略中心から燃料極集電体13に向って吐出させる燃料供給通路26を有することを特徴とする燃料電池である。

【0006】この請求項1に記載された燃料電池では、燃料ガスを燃料供給通路16、26に導入すると、燃料ガスはセパレータ12及び第2端板22の略中心から燃料極集電体13の中心に向って吐出し、燃料極集電体13内を通過して燃料極層11bの略中心から外周縁に向って流れる。同時に酸化剤ガスを酸化剤供給通路17、27に導入すると、酸化剤ガスはセパレータ12の酸化剤極集電体14への対向面及び第1端板21の酸化剤極集電体14への対向面から酸化剤極集電体14に向って吐出し、酸化剤極集電体14内を通過して酸化剤極層11cに供給され、更に酸化剤極層11c内を固体電解質層11aに沿って流れる。酸化剤ガスは酸化剤極層11cから電子を受け取って酸化物イオンにイオン化され、この酸化物イオンは固体電解質層11a内を拡散移動して燃料極層11bとの界面近傍に到達する。これにより酸化物イオンは燃料ガスと反応して反応生成物を生じ、燃料極層11bに電子を放出するので、この電子を燃料極集電体13により取り出すことにより電流が発生し、電力が得られる。

【0007】請求項2に係る発明は、請求項1に係る発明であって、更に図1及び図2に示すように、 $n$ 枚のセパレータ12に形成された各酸化剤供給通路17が酸化剤ガスをセパレータ12外周面から導入してセパレータ12の酸化剤極集電体14に対向する面からシャワー状に略均一に吐出させるように構成され、単一の第1端板21に形成された酸化剤供給通路27が酸化剤ガスを第1端板21外周面から導入して第1端板21の酸化剤極集電体14に対向する面からシャワー状に略均一に吐出

させるように構成されたことを特徴とする。請求項3に係る発明は、請求項2に係る発明であって、更に図1及び図2に示すように、 $n$ 枚のセパレータ12に形成された酸化剤供給通路17が各セパレータ12の厚さ方向に直交する方向に延びて形成され基端がセパレータ12外周面に開口しかつ先端が閉止された単一の第1酸化剤穴17aと、セパレータ12の厚さ方向に直交する方向に延びかつ互いに所定の間隔をあけて形成され単一の第1酸化剤穴17aに連通し更に両端が閉止された複数の第2酸化剤穴17bと、セパレータ12の酸化剤極集電体14に対向する面に所定の間隔をあけかつ第2酸化剤穴17bに連通するように形成された多数の第3酸化剤穴17cとを有し、単一の第1端板21に形成された酸化剤供給通路27が第1端板21の厚さ方向に直交する方向に延びて形成され基端が第1端板21外周面に開口しかつ先端が閉止された単一の第1酸化剤穴と、第1端板21の厚さ方向に直交する方向に延びかつ互いに所定の間隔をあけて形成され単一の第1酸化剤穴に連通し更に両端が閉止された複数の第2酸化剤穴27bと、第1端板21の酸化剤極集電体14に対向する面に所定の間隔をあけかつ第2酸化剤穴27bに連通するように形成された多数の第3酸化剤穴とを有することを特徴とする。この請求項2又は3に記載された燃料電池では、酸化剤ガスが酸化剤供給通路17、27からシャワー状に酸化剤極集電体14に向って略均一に吐出されるので、この酸化剤ガスにより発電セル11を均一に加熱・冷却できる。また燃料電池10の発電中におけるジュール熱の発生により、発電セル11が加熱されて設定温度より上昇したときに、この設定温度より低い温度の酸化剤ガスを上記酸化剤供給通路17、27から吐出させることにより、発電セル11を均一に冷却できるので、発電セル11の局所的な加熱又は冷却による損傷を防止できる。

【0008】請求項4に係る発明は、請求項1に係る発明であって、更に図4に示すように、 $n$ 枚のセパレータ32に形成された酸化剤供給通路37が各セパレータ32の外周面からセパレータ32の略中心に向う単一の第1酸化剤穴37aと、第1酸化剤穴37aに連通しかつ酸化剤極集電体14の略中心に臨む単一の第2酸化剤穴37bとを有し、単一の第1端板41に形成された酸化剤供給通路47が第1端板41の外周面から第1端板41の略中心に向う単一の第1酸化剤穴47aと、第1酸化剤穴47aに連通しかつ酸化剤極集電体14の略中心に臨む単一の第2酸化剤穴47bとを有することを特徴とする。この請求項4に記載された燃料電池では、酸化剤供給通路37、47が比較的単純な形状であるため、セパレータ32及び第1端板41の製作工数を低減することができる。

【0009】請求項5に係る発明は、請求項1ないし4いずれかに係る発明であって、更に図2に示すように、燃料供給通路16、26及び酸化剤供給通路17、27

のいずれにも連通しないように $n$ 枚のセパレータ12、単一の第1端板21及び単一の第2端板22のそれぞれに複数の挿入穴12aが形成され、複数の挿入穴12aにヒータ23又はヒータ及び温度センサがそれぞれ挿入されたことを特徴とする。この請求項5に記載された燃料電池では、燃料電池10の起動時に、ヒータ23に通電することにより発電セル11を速やかに昇温できるので、昇温時間を短縮できる。また発電セル11が均一に昇温し、発電セル11の中心と外周縁との温度差がなくなって均一に熱膨張するため、発電セル11の損傷を防止できる。更に温度センサの検出出力に基づいてヒータを制御すれば、セパレータ等の温度をきめ細かく制御できる。

【0010】請求項6に係る発明は、請求項1ないし4いずれかに係る発明であって、更に燃料供給通路及び酸化剤供給通路のいずれにも連通しないように $n$ 枚のセパレータ、単一の第1端板及び単一の第2端板のそれぞれに複数の軽量化穴が形成されたことを特徴とする。この請求項6に記載された燃料電池では、軽量化穴の形成によりセパレータ、第1端板及び第2端板の重量を小さくできるので、燃料電池の軽量化を図ることができる。

【0011】請求項7に係る発明は、請求項1ないし6いずれかに係る発明であって、更に図1及び図3に示すように、 $n$ 枚のセパレータ12の燃料極集電体13への対向面及び単一の第2端板22の燃料極集電体13への対向面に、各セパレータ12及び第2端板22の中心から渦巻き状に延びる複数のスリット12b、22bがそれぞれ形成されたことを特徴とする。この請求項7に記載された燃料電池では、セパレータ12の燃料極集電体13への対向面及び第2端板22の燃料極集電体13への対向面に渦巻き状に複数のスリット12b、22bをそれぞれ形成したので、燃料ガスがスリット12b、22bに沿って渦巻き状に流れ、燃料ガスの反応経路が長くなる。この結果、燃料ガスと燃料極層11bとの衝突回数が増え、燃料電池10の出力を向上できる。

【0012】請求項8に係る発明は、請求項1ないし6いずれかに係る発明であって、更に図7に示すように、 $n$ 枚のセパレータ32の燃料極集電体13への対向面及び単一の第2端板42の燃料極集電体13への対向面に、各セパレータ32及び第2端板42の中心から放射状に延びる複数のスリット32b、42bがそれぞれ形成されたことを特徴とする。この請求項8に記載された燃料電池では、セパレータ32の燃料極集電体13への対向面及び第2端板42の燃料極集電体13への対向面に放射状に複数のスリット32b、42bをそれぞれ形成したので、燃料ガスがスリット32b、42bに沿って放射状に流れ、燃料ガスの反応経路が比較的長くなる。この結果、燃料ガスと燃料極層11bとの衝突回数が比較的多くなり、燃料電池30の出力を向上できる。

【0013】請求項9に係る発明は、請求項1ないし8

いずれかに係る発明であって、更に図6及び図7に示すように、 $n$ 枚のセパレータ32の酸化剤極集電体14への対向面及び単一の第1端板41の酸化剤極集電体14への対向面に、各セパレータ32及び第1端板41の中心から放射状に複数のスリット32b、41bがそれぞれ形成されたことを特徴とする。この請求項9に記載された燃料電池では、セパレータ32の酸化剤極集電体14への対向面及び第1端板41の酸化剤極集電体14への対向面に放射状に複数のスリット32b、41bをそれぞれ形成したので、酸化剤ガスがスリット32b、41bに沿って放射状に流れ、酸化剤ガスの反応経路が比較的長くなる。この結果、酸化剤ガスと酸化剤極層11cとの衝突回数が比較的多くなり、燃料電池30の出力を向上できる。

【0014】請求項10に係る発明は、請求項1ないし9いずれかに係る発明であって、更に図1に示すように、燃料極集電体13がニッケルめっき、銀めっき若しくは銅めっきされたステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金、或いはニッケル、銀又は銅により形成され、酸化剤極集電体14が銀めっき若しくは白金めっきされたステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金、或いは銀又は白金により形成され、 $n$ 枚のセパレータ12、第1端板21及び第2端板22がステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金のいずれかによりそれぞれ形成され、燃料極集電体13が各セパレータ12及び第2端板22にそれぞれ接合され、酸化剤極集電体14が各セパレータ12及び第1端板21にそれぞれ接合されたことを特徴とする。この請求項10に記載された燃料電池では、セパレータ12及び第1端板21が高温で酸化剤ガス（高温酸化雰囲気）に曝されても、セパレータ12及び酸化剤極集電体14の接合部分と、第1端板21及び酸化剤極集電体14の溶着された接合部分が溶着されているため、これらの接合部分の酸化を防止できる。この結果、セパレータ12及び燃料極集電体13の電氣的導通と、第2端板22及び燃料極集電体13の電氣的導通のみならず、セパレータ12及び酸化剤極集電体14の電氣的導通と、第1端板21及び酸化剤極集電体14の電氣的導通を上記接合部分を通して長期間保持できる。また予め燃料極集電体13を各セパレータ12及び第2端板22にそれぞれ接合し、酸化剤極集電体14を各セパレータ12及び第1端板21にそれぞれ接合したので、燃料電池10の組立作業時間を短縮し、組立作業性を向上できる。

【0015】請求項11に係る発明は、請求項1ないし10いずれかに係る発明であって、更に図1に示すように、 $n$ 枚のセパレータ12の表面、単一の第1端板21の表面及び単一の第2端板22の表面にニッケルめっき、クロムめっき又は銀めっきがそれぞれ施されたことを特徴とする。この請求項11に記載された燃料電池では、セパレータ12、第1端板21又は第2端板22

と、燃料極集電体13又は酸化剤極集電体14との電氣的導通を更に長期間保持できる。

【0016】請求項12又は13に係る発明は、図1及び図2に示すように、酸化剤供給通路17、27が酸化剤ガスを外周面から導入して酸化剤極集電体14に対向する面からシャワー状に略均一に吐出させるように構成されたセパレータ又は第1端板である。請求項14又は15に係る発明は、請求項12又は13に係る発明であって、更に図1及び図2に示すように、酸化剤供給通路17、27が厚さ方向に直交する方向に延びて形成され基端が外周面に開口しかつ先端が閉止された単一の第1酸化剤穴17aと、厚さ方向に直交する方向に延びかつ互いに所定の間隔をあけて形成され単一の第1酸化剤穴17aに連通し更に両端が閉止された複数の第2酸化剤穴17b、27bと、酸化剤極集電体14に対向する面に所定の間隔をあけかつ第2酸化剤穴17b、27bに連通するように形成された多数の第3酸化剤穴17cとを有することを特徴とする。この請求項12ないし15いずれかに係るセパレータ又は第1端板では、酸化剤ガスが酸化剤供給通路17、27からシャワー状に酸化剤極集電体14に向って略均一に吐出されるので、この酸化剤ガスにより発電セル11を均一に加熱・冷却できる。また燃料電池10の発電中におけるジュール熱の発生により、発電セル11が加熱されて設定温度より上昇したときに、この設定温度より僅かに低い温度の酸化剤ガスを上記酸化剤供給通路17、27から吐出させることにより、発電セル11を均一に冷却できるので、発電セル11の局所的な加熱又は冷却による損傷を防止できる。

【0017】

【発明の実施の形態】次に本発明の第1の実施の形態を図面に基いて説明する。図1に示すように、発電セル11は円板状の固体電解質層11aと、この固体電解質層11aの両面に配設された円板状の燃料極層11b及び空気極層11c（酸化剤極層）とからなり、燃料電池10は上記発電セル11を $(n+1)$ 個積層することにより構成される。ここで、 $n$ は正の整数である。 $i$ 番目（ $i=1, 2, \dots, n$ ）の発電セル11の燃料極層11bとこの燃料極層11bに隣接する $(i+1)$ 番目の発電セル11の空気極層11cとの間には導電性材料により正方形板状に形成されたセパレータ12がそれぞれ1枚ずつ合計 $n$ 枚介装される。また $i$ 番目の発電セル11の燃料極層11bと $j$ 番目（ $j=1, 2, \dots, n$ ）のセパレータ12の間には円板状に形成されかつ導電性を有する多孔質の燃料極集電体13が介装され、 $(i+1)$ 番目の発電セル11の空気極層11cと $j$ 番目のセパレータ12の間には円板状に形成されかつ導電性を有する多孔質の空気極集電体14（酸化剤極集電体）が介装される。更に1番目の発電セル11の空気極層11cには空気極集電体14を介して導電性材料により正方

形板状に形成された単一の第1端板21が積層され、  
(n+1)番目の発電セル11の燃料極層11bには燃料極集電体13を介して導電性材料により正方形板状に形成された単一の第2端板22が積層される。上記セパレータ12、第1端板21及び第2端板22は燃料極層11b等の直径を1辺とする正方形板状に形成される。なお、固体電解質層、燃料極層、空気極層、燃料極集電体及び空気極集電体は円板状ではなく、四角形板状、六角形板状、八角形板状等の多角形板状に形成してもよい。また、セパレータ、第1端板及び第2端板は正方形板状ではなく、円板状、或いは長方形板状、六角形板状、八角形板状等の多角形板状に形成してもよい。

【0018】固体電解質層11aは酸化物イオン伝導体により形成される。具体的には、一般式(1):  $Ln_1A Ga B_1 B_2 B_3 O$  で示される酸化物イオン伝導体である。但し、上記一般式(1)において、 $Ln_1$ はLa, Ce, Pr, Nd及びSmからなる群より選ばれた1種又は2種以上の元素であって43.6~51.2重量%含まれ、AはSr, Ca及びBaからなる群より選ばれた1種又は2種以上の元素であって5.4~11.1重量%含まれ、Gaは20.0~23.9重量%含まれ、 $B_1$ はMg, Al及びInからなる群より選ばれた1種又は2種以上の元素であり、 $B_2$ はCo, Fe, Ni及びCuからなる群より選ばれた1種又は2種以上の元素であり、 $B_3$ はAl, Mg, Co, Ni, Fe, Cu, Zn, Mn及びZrからなる群より選ばれた1種又は2種以上の元素であり、 $B_1$ と $B_3$ 又は $B_2$ と $B_3$ がそれぞれ同一の元素でないとき、 $B_1$ は1.21~1.76重量%含まれ、 $B_2$ は0.84~1.26重量%含まれ、 $B_3$ は0.23~3.08重量%含まれ、 $B_1$ と $B_3$ 又は $B_2$ と $B_3$ がそれぞれ同一の元素であるとき、 $B_1$ の含有量と $B_3$ の含有量の合計が1.41~2.70重量%であり、 $B_2$ の含有量と $B_3$ の含有量の合計が1.07~2.10重量%である。

【0019】また固体電解質層11aを一般式(2):  $Ln_1(1-x)A_x Ga_{1-y-z-w} B_1^y B_2^z B_3^w O_{8-d}$  で示される酸化物イオン伝導体により形成してもよい。但し、上記一般式(2)において、 $Ln_1$ はLa, Ce, Pr, Nd及びSmからなる群より選ばれた1種又は2種以上の元素であって、AはSr, Ca及びBaからなる群より選ばれた1種又は2種以上の元素であって、 $B_1$ はMg, Al及びInからなる群より選ばれた1種又は2種以上の元素であって、 $B_2$ はCo, Fe, Ni及びCuからなる群より選ばれた1種又は2種以上の元素であって、 $B_3$ はAl, Mg, Co, Ni, Fe, Cu, Zn, Mn及びZrからなる群より選ばれた1種又は2種以上の元素であって、xは0.05~0.3、yは0.025~0.29、zは0.01~0.15、wは0.01~0.15、 $y+z+w$ は0.035~0.3及びdは0.04~0.3である。上記のような酸化

物イオン伝導体にて固体電解質層11を形成することにより、燃料電池10の発電効率を低下させずに、発電運転を $650 \pm 50^\circ\text{C}$ と比較的低温で行うことが可能となる。

【0020】燃料極層11bはNi等の金属により構成されたり、又はNi-YSZ等のサーメットにより構成されたり、或いはNiと一般式(3):  $Ce_{1-m} D_m O_2$  で表される化合物との混合体により多孔質に形成される。但し、上記一般式(3)において、DはSm, Gd, Y及びCaからなる群より選ばれた1種又は2種以上の元素であり、mはD元素の原子比であり、0.05~0.4、好ましくは0.1~0.3の範囲に設定される。

【0021】空気極層11cは一般式(4):  $Ln_2(1-x) Ln_3 E_{1-y} Co_y O_{3+d}$  で示される酸化物イオン伝導体により多孔質に形成される。但し、上記一般式(4)において、 $Ln_2$ はLa又はSmのいずれか一方又は双方の元素であり、 $Ln_3$ はBa, Ca又はSrのいずれか一方又は双方の元素であり、EはFe又はCuのいずれか一方又は双方の元素である。またxは $Ln_3$ の原子比であり、0.5を越え1.0未満の範囲に設定される。yはCo元素の原子比であり、0を越え1.0以下、好ましくは0.5以上1.0以下の範囲に設定される。dは-0.5以上0.5以下の範囲に設定される。

【0022】上記発電セル11の製造方法の一例を下記に示す。先ず原料粉末として、 $La_2O_3$ ,  $SrCO_3$ ,  $Ga_2O_3$ ,  $MgO$ ,  $CoO$ の各粉末を $La_{0.8}Sr_{0.2}Ga_{0.8}Mg_{0.15}Co_{0.05}O_{2.8}$ となるように秤量して混合した後に、 $1100^\circ\text{C}$ で予備焼成して仮焼体を作製する。次いでこの仮焼体を粉砕した後に、所定のバインダ、溶剤などを加えて混合することによりスラリーを調製し、このスラリーをドクターブレード法によりグリーンシートを作製する。次にこのグリーンシートを空気中で十分に乾燥し、所定の寸法に切出した後に、 $1450^\circ\text{C}$ で焼結することにより固体電解質層11aを得る。この固体電解質層11aの一方の面に、Niと $(Ce_{0.8}Sm_{0.2})O_2$ が体積比で6:4となるように、NiO粉末と $(Ce_{0.8}Sm_{0.2})O_2$ 粉末とを混合した後に、この混合粉末を $1100^\circ\text{C}$ で焼付けることにより燃料極層11bを形成する。更に上記固体電解質層11aの他方の面に $(Sm_{0.5}Sr_{0.5})CoO_3$ を $1000^\circ\text{C}$ で焼付けることにより空気極層11cを形成する。このようにして発電セル11が作製される。

【0023】セパレータ12はステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金により形成されることが好ましい。例えば、SUS316、インコネル600、ハステロイX (Haynes Stellite社の商品名)、ヘインズアロイ214などが挙げられる。またセパレータ12には燃料供給通路16と、空気供給通路17(酸化剤供給通

路)と、複数の挿入穴12aが形成される(図1及び図2)。燃料供給通路16はセパレータ12の外周面から略中心に向う第1燃料穴16aと、第1燃料穴16aに連通しセパレータ12の略中心から燃料極集電体14に臨む第2燃料穴16bとを有する。また空気供給通路17はセパレータ12の厚さ方向に直交する方向に延びて形成され基端がセパレータ12外周面に開口しかつ先端が閉止された単一の第1空気穴17aと、セパレータ12の厚さ方向に直交する方向に延びかつ互いに所定の間隔をあけて形成され単一の第1空気穴17aに連通し更に両端が閉止された複数の第2空気穴17bと、セパレータ12の空気極集電体14に対向する面に所定の間隔をあけかつ第2空気穴17bに連通するように形成された多数の第3空気穴17cとを有する。

【0024】第1燃料穴16aの基端には燃料供給パイプ18が接続され、第1空気穴17aの基端には空気供給パイプ19が接続される。また第2空気穴17bは第1空気穴17aの基端が形成されたセパレータ12の一方の側面に隣接する側面から互いに平行に形成した後に、この隣接する側面に閉止板24を接合することにより両端が閉止された長穴となる。一方、複数の挿入穴12aは燃料供給通路16及び空気供給通路17のいずれにも連通しないように第1燃料穴16a及び第2空気穴17bに平行に形成され、これらの挿入穴12aにはヒータ23がそれぞれ挿入される(図2)。またセパレータ12の燃料極集電体13に対向する面には3本のスリット12bがセパレータ12の略中心から渦巻き状にそれぞれ形成され(図3)、これらのスリット12bの深さは全長にわたって同一となるように形成される。なお、上記スリットは3本ではなく、2本又は4本以上であってもよい。また、スリットの深さはセパレータの中心から離れるに従って次第に深く若しくは浅くなるように形成してもよい。

【0025】図1に戻って、燃料極集電体13はステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金、或いはニッケル、銀又は銅により多孔質に形成され、ステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金により形成した場合、ニッケルめっき、銀めっき若しくは銅めっきを施すことが好ましい。空気極集電体14はステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金、或いは銀又は白金により多孔質に形成され、ステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金により形成した場合、銀めっき若しくは白金めっきを施すことが好ましい。なお、燃料ガスとして炭化水素を用いた場合には、燃料極集電体はニッケルめっきされたステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金、或いはニッケルにより形成され、燃料ガスとして水素を用いた場合には、燃料極集電体は銀めっき若しくは銅めっきされたステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金、或いは銀又は銅により形成される。上記燃料極集電体13の製造方法の一例を下記に示す。先ず

ステンレス鋼などのアトマイズ粉末とHPMC(水溶性樹脂結合剤)を混練した後に、蒸留水及び添加剤(n-ヘキサン(有機溶剤)、DBS(界面活性剤)、グリセリン(可塑剤)などを加えて混練して混合スラリーを調製する。次にこの混合スラリーをドクブレード法により成形体を作製した後に、所定の条件で発泡、脱脂及び焼結して多孔質板を得る。更にこの多孔質板を所定の寸法に切出して燃料極集電体13を作製する。なお、ステンレス鋼のアトマイズ粉末を用いた場合には、表面にニッケルめっき、クロムめっき又は銀めっきが施される。また上記空気極集電体14も上記燃料極集電体13とはほぼ同様にして作製される。

【0026】第1端板21及び第2端板22はセパレータ12と同一材料により同一形状(正方形板状)に形成される。第1端板21には空気供給通路27及び複数の挿入穴(図示せず)が形成され、第2端板22には燃料供給通路26及び複数の挿入穴(図示せず)が形成される。空気供給通路27は空気供給通路18と同様に形成され、第1端板21の厚さ方向に直交する方向に延びて形成され基端が第1端板21外周面に開口しかつ先端が閉止された単一の第1空気穴(図示せず)と、第1端板21の厚さ方向に直交する方向に延びかつ互いに所定の間隔をあけて形成され単一の第1空気穴に連通し更に両端が閉止された複数の第2空気穴27bと、第1端板21の空気極集電体14に対向する面に所定の間隔をあけかつ第2空気穴27bに連通するように形成された多数の第3空気穴(図示せず)とを有する。また燃料供給通路26は燃料供給通路17と同様に形成され、第2端板22の外周面から略中心に向う第1燃料穴26aと、第1燃料穴26aに連通し第2端板22の略中心から燃料極集電体13に臨む第2燃料穴26bとを有する。第1空気穴の基端には第1空気穴17aと同様に、空気供給パイプが接続され、第1燃料穴26aの基端には燃料供給パイプ18が接続される。

【0027】第1端板21の第2空気穴27bは第1空気穴の基端が形成された第1端板21の一方の側面に隣接する側面から互いに平行に形成した後に、この隣接する側面に閉止板24を接合することにより両端が閉止された長穴となる。また第1端板21の複数の挿入穴は空気供給通路27に連通しないように第2空気穴27bに平行に形成され、これらの挿入穴にはヒータ(図示せず)がそれぞれ挿入される。また第2端板22の複数の挿入穴は燃料供給通路26に連通しないように第1燃料穴26aに平行に形成され、これらの挿入穴にはヒータ(図示せず)がそれぞれ挿入される。第2端板22の上面、即ち第2端板22の燃料極集電体13への対向面には3本のスリット22bが第2端板22の略中心から渦巻き状に形成される(図1)。これらのスリット22bの深さは全長にわたって同一となるように形成される。なお、上記スリットは3本ではなく、2本又は4本以上

であってもよい。また、スリットの深さはセパレータの中心から離れるに従って次第に深く若しくは浅くなるように形成してもよい。

【0028】更にセパレータ12、第1端板21及び第2端板22の四隅にはボルト（図示せず）を挿通可能な通孔12cが形成される（図2及び図3）。(n+1)個の発電セル11と、n枚のセパレータ12と、(n+1)個の燃料極集電体13と、(n+1)個の空気極集電体14と、単一の第1端板21と、単一の第2端板22とを積層したときに、上記セパレータ12、第1端板21及び第2端板22の四隅に形成された通孔12cにボルトをそれぞれ挿通した後に、これらのボルトの先端にナットをそれぞれ螺合することにより、燃料電池10が上記積層した状態で固定されるようになっている。

【0029】このように構成された燃料電池10の動作を説明する。燃料ガス（ $H_2$ 、CO等）を燃料供給パイプ18に導入すると、燃料ガスは燃料供給通路16、26を通り、セパレータ12及び第2端板22の略中心から燃料極集電体13の中心に向かって吐出する。これにより燃料ガスは燃料極集電体13内の気孔を通過して燃料極層11bの略中心に速やかに供給され、更にスリット12b、22bにより案内されて燃料極層11bの略中心から外周縁に向かって渦巻き状に流れる。同時に空気（酸化剤ガス）を空気供給パイプ19に導入すると、空気は空気供給通路17、27を通り、セパレータ12及び第1端板21の多数の第3空気孔17cからシャワー状に空気局集電体14に向かって吐出する。これにより空気は空気極集電体14内の気孔を通過して空気極層11cに略均一に供給される。

【0030】空気極層11cに供給された空気は空気極層11c内の気孔を通過して固体電解質層11aとの界面近傍に到達し、この部分で空気中の酸素は空気極層11cから電子を受け取って、酸化物イオン（ $O^{2-}$ ）にイオン化される。この酸化物イオンは燃料極層11bの方向に向かって固体電解質層11a内を拡散移動し、燃料極層11bとの界面近傍に到達すると、この部分で燃料ガスと反応して反応生成物（ $H_2O$ 、 $CO_2$ 等）を生じ、燃料極層11bに電子を放出する。この電子を燃料極集電体13により取り出すことにより電流が発生し、電力が得られる。上記のように燃料ガスがセパレータ12の略中央及び第2端板22の略中央から吐出され、かつスリット12b、22bにより案内されるので、燃料ガスの反応経路が長くなる。この結果、燃料ガスがセパレータ12及び第2端板22の外周縁に到達するまでに、燃料ガスが燃料極層12bと極めて多く衝突するので、上記反応回数が増え、燃料電池10の性能向上を図ることができる。従って、セパレータ12及び第2端板22の外径が大きくなればなるほど、燃料ガスの反応経路が長くなり、これに伴って反応回数が増え、燃料電池10の出力向上に繋がる。

【0031】一方、セパレータ12の下面及び第1端板21の下面には多数の第3空気穴17cが所定の間隔をあけて並んで形成されているため、空気がセパレータ12の下面及び第1端板21の下面から略均一に吐出される。この結果、空気により発電セル11を均一に加熱・冷却できる。特に、燃料電池10の発電中におけるジュール熱の発生により、発電セル11が加熱されて設定温度（例えば、650℃）より上昇したときに、この設定温度より僅かに低い温度（例えば、630）の空気を上記空気供給通路17、27から吐出させることにより、発電セル11を均一に冷却できるので、発電セル11の局所的な加熱又は冷却による損傷を防止できる。

【0032】また従来の燃料電池、即ち発電セルの略中心に燃料ガス導入管及び酸化剤ガス導入管の挿通用の2個の孔が形成されるため、反応面積が小さくなるとともに反応前に燃料ガスが空気に混ざって、発電効率が低下する燃料電池と比較して、本発明の燃料電池10は発電セル11の表面の全てが発電に寄与するとともに、反応前に燃料ガスが空気に混ざることがないため、発電効率が向上する。なお、(n+1)個の発電セル11は導電性材料により形成されたセパレータ12、燃料極集電体13及び空気極集電体14を介して直列に接続され、かつ両端に導電性材料により形成された第1端板21及び第2端板22が設けられているため、第1端板21及び第2端板22から大きな電力を取出すことができる。

【0033】また燃料電池10の起動時には、ヒータ23に通電することにより発電セル11を速やかに昇温できるので、昇温時間を短縮できるとともに、発電セル11が均一に昇温し、発電セル11の中心と外周縁との温度差がなくなって均一に熱膨張するため、発電セル11の損傷を防止できる。なお、挿入穴にヒータを挿入しない場合、即ち挿入穴を軽量化穴とした場合には、セパレータ、第1端板及び第2端板の重量を小さくできるので、燃料電池の軽量化を図ることができる。

【0034】更にステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金製のセパレータ12及び第2端板22の上面に、ニッケルめっき、銀めっき若しくは銅めっきされたステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金、或いはニッケル、銀又は銅製の燃料極集電体13をそれぞれ接合し、ステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金製のセパレータ12及び第2端板22の下面に、銀めっき若しくは白金めっきされたステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金、或いは銀又は白金製の空気極集電体14をそれぞれ接合すれば、セパレータ12及び第1端板21が高温で空気に曝されても、即ちセパレータ12及び第1端板21が高温酸化雰囲気に曝されても、セパレータ12及び空気極集電体14の接合部分と、第1端板22及び空気極集電体14の溶着された接合部分が溶着されているため、これらの接合部分の酸化を防止できる。この結果、セパレータ12及び燃料極集

電体13の電氣的導通と、第2端板22及び燃料極集電体13の電氣的導通のみならず、セパレータ12及び空気極集電体14の電氣的導通と、第1端板21及び空気極集電体14の電氣的導通を上記接合部分を通して長期間保持できるとともに、上記接合により燃料電池10の組立作業時間を短縮し、組立作業性を向上できる。なお、上記接合方法としては銀ろう付け、スポット溶接又はレーザ溶接等が挙げられる。またステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金製の上記セパレータ12、第1端板21及び第2端板22にニッケルめっき、クロムめっき又は銀めっきを施せば、セパレータ12、第1端板21及び第2端板22と、燃料極集電体13及び空気極集電体14との電氣的導通を更に長期間保持できる。

【0035】図4～図7は本発明の第2の実施の形態を示す。図4～図7において図1～図3と同一符号は同一部品を示す。この実施の形態では、セパレータ32、第1端板41及び第2端板42が燃料極層11b等と同一外径を有する円板状に形成される。セパレータ32には燃料供給通路36と、空気供給通路37（酸化剤供給通路）と、複数の挿入穴32aが形成される。燃料供給通路36はセパレータ32の外周面から略中心に向う第1燃料穴36aと、第1燃料穴36aの内端に連通しセパレータ32の略中心から燃料極集電体13に臨む第2燃料穴36bとを有する。また空気供給通路37はセパレータ32の軸線を中心として上記第1燃料穴36aの基端とは反対側のセパレータ32の外周面から略中心に向う第1空気穴37aと、第1空気穴37aの内端に連通しセパレータ32の略中心から空気極集電体14に臨む第2空気穴37bとを有する。

【0036】第1燃料穴36aの基端には燃料供給パイプ18が接続され、第1空気穴37aの基端には空気供給パイプ19が接続される。複数の挿入穴12aは燃料供給通路36及び空気供給通路37のいずれにも連通しないようにセパレータ32の外周面から略中心に向って求心状に形成され、これらの挿入穴32aにはヒータ43及び温度センサ45（温度測定用熱電対）がそれぞれ交互に挿入される（図5）。またセパレータ32の両面には複数のスリット32bがセパレータ32の略中心から放射状にそれぞれ形成される（図6及び図7）。これらのスリット32bの幅はセパレータ32の中心から離れるに従って次第に広くなるように形成され、深さは全長にわたって同一となるように形成される。なお、スリットの深さをセパレータの中心から離れるに従って次第に深く若しくは浅くなるように形成してもよい。

【0037】第1端板41及び第2端板42はセパレータ32と同一材料により形成される。第1端板41には空気供給通路47及び複数の挿入穴（図示せず）が形成され、第2端板42には燃料供給通路46及び複数の挿入穴（図示せず）が形成される。空気供給通路47は第

1端板41の外周面から略中心に向う第1空気穴47aと、第1空気穴47aの内端に連通し第1端板41の略中心から空気極集電体14に臨む第2空気穴47bとを有する。また燃料供給通路46は第2端板42の外周面から略中心に向う第1燃料穴46aと、第1燃料穴46aの内端に連通し第2端板42の略中心から燃料極集電体13に臨む第2燃料穴46bとを有する。第1空気穴47aの基端には空気供給パイプ19が接続され、第1燃料穴46aの基端には燃料供給パイプ18が接続される。

【0038】第1端板41の複数の挿入穴は空気供給通路47に連通しないように第1端板41の外周面から略中心に向って求心状に形成され、これらの挿入穴にはヒータ（図示せず）がそれぞれ挿入される。また第2端板42の複数の挿入穴は燃料供給通路46に連通しないように第2端板42の外周面から略中心に向って求心状に形成され、これらの挿入穴にはヒータ（図示せず）がそれぞれ挿入される。第1端板41の下面、即ち第1端板41の空気極集電体14への対向面には複数のスリット41bが第1端板41の略中央から放射状に形成され、第2端板42の上面、即ち第2端板42の燃料極集電体13への対向面には複数のスリット42bが第2端板42の略中心から放射状に形成される（図7）。これらのスリット41b、42bは第1端板41及び第2端板42の中心から離れるに従って幅が次第に広くなるように形成され、深さは全長にわたって同一となるように形成される。なお、上記スリットの深さを第1端板及び第2端板の中心から離れるに従って次第に深く若しくは浅くなるように形成してもよい。

【0039】このように構成された燃料電池30では、燃料ガス（ $H_2$ 、CO等）を燃料供給パイプ18に導入すると、燃料ガスは燃料供給通路36、46を通り、セパレータ32及び第2端板42の略中心から燃料極集電体13の中心に向って吐出する。これにより燃料ガスは燃料極集電体13内の気孔を通過して燃料極層11bの略中心に速やかに供給され、更にスリット32b、42bにより案内されて燃料極層11bの略中心から外周縁に向って放射状に流れる。同時に空気（酸化剤ガス）を空気供給パイプ19に導入すると、空気は空気供給通路37、47を通り、セパレータ32及び第1端板41の略中心から空気極集電体14の中心に向って吐出する。これにより空気は空気極集電体14内の気孔を通過して空気極層11cの略中心に速やかに供給され、更にスリット32b、41bにより案内されて空気極層11cの略中心から外周縁に向って放射状に流れる。

【0040】空気極層11cに供給された空気は空気極層11c内の気孔を通過して固体電解質層11aとの界面近傍に到達し、この部分で空気中の酸素は空気極層11cから電子を受け取って、酸化物イオン（ $O^{2-}$ ）にイオン化される。この酸化物イオンは燃料極層11bの方向

に向って固体電解質層 11 a 内を拡散移動し、燃料極層 11 b との界面近傍に到達すると、この部分で燃料ガスと反応して反応生成物 ( $H_2O$ 、 $CO_2$  等) を生じ、燃料極層 11 b に電子を放出する。この電子を燃料極集電体 13 により取り出すことにより電流が発生し、電力が得られる。この結果、燃料ガスは燃料極集電体 13 を通って燃料極層 11 b の全体に拡散するように流れ、空気は空気極集電体 14 を通って空気極層 11 c の全体に拡散するように流れるので、発電効率は比較的に良好である。またセパレータ 32、第 1 端板 41 及び第 2 端板 42 が円板状であり、これらに形成されたスリット 32 b、41 b、42 b が渦巻き状ではなく放射状であるため、これらの機械加工が比較的容易である。更に温度センサ 45 の検出出力に基づいてヒータ 43 を制御することにより、セパレータ 32 等の温度をきめ細かく制御できる。上記以外の動作は第 1 の実施の形態の動作と略同様であるので、繰返しの説明を省略する。

【0041】図 8～図 11 は本発明の第 3 の実施の形態を示す。図 8～図 11 において図 1～図 3 と同一符号は同一部品を示す。この実施の形態では、セパレータ 52、第 1 端板 61 及び第 2 端板 62 が第 1 の実施の形態と同様に燃料極層 11 b 等の直径を 1 辺とする正方形板状に形成される。セパレータ 52 に形成された燃料供給通路 56 (図 9 及び図 11) はセパレータ 52 の 1 辺中央からセパレータ 52 の略中心に向う第 1 燃料穴 56 a と、第 1 燃料穴 56 a の内端に連通しセパレータ 52 の略中心から燃料極集電体 13 に臨む第 2 燃料穴 56 b とを有する。またセパレータ 52 に形成された空気供給通路 57 (図 8、図 9 及び図 11) はセパレータ 52 の上記 1 辺中央から上記第 1 燃料穴 56 a と平行にセパレータ 52 の略中心に向う第 1 空気穴 57 a と、第 1 空気穴 57 a の内端に連通しセパレータ 52 の略中心から空気極集電体 14 に臨む第 2 空気穴 57 b とを有する。

【0042】セパレータ 52 には複数の挿入穴 52 a (図 8、図 9 及び図 11) が形成され、これらの挿入穴 52 a は燃料供給通路 56 及び空気供給通路 57 のいずれにも連通しないように上記第 1 燃料穴 56 a 及び第 1 空気穴 57 a に平行に形成され、更にこれらの挿入穴 52 a にはヒータ 63 がそれぞれ挿入される。またセパレータ 52 の両面には複数のスリット 52 b (図 10 及び図 11) がセパレータ 52 の略中心から放射状に形成され、これらのスリット 52 b の幅はセパレータ 52 の中心から離れるに従って次第に広くなるように形成され、深さは全長にわたって同一となるように形成される。なお、スリットの幅をセパレータの中心から離れるに従って次第に広くなるように形成し、スリットの深さをセパレータの中心から離れるに従って次第に深く若しくは浅くなるように形成してもよい。

【0043】第 1 端板 61 に形成された空気供給通路 67 は第 1 端板 21 の 1 辺中央から略中心に向う第 1 空気

穴 67 a と、第 1 空気穴 67 a の内端に連通し第 1 端板 61 の略中心から空気極集電体 14 に臨む第 2 空気穴 67 b とを有する (図 8 及び図 11)。また第 2 端板 62 に形成された燃料供給通路 66 は第 2 端板 62 の 1 辺中央から略中心に向う第 1 燃料穴 66 a と、第 1 燃料穴 66 a の内端に連通し第 2 端板 62 の略中心から燃料極集電体 13 に臨む第 2 燃料穴 66 b とを有する (図 11)。

【0044】第 1 端板 61 には複数の挿入穴 61 a が形成され、これらの挿入穴 61 a は空気供給通路 67 に連通しないように第 1 端板 61 の第 1 空気穴 67 a に平行に形成され、更にこれらの挿入穴 61 a にはヒータ 63 がそれぞれ挿入される (図 8 及び図 11)。また第 2 端板 62 には複数の挿入穴 62 a が形成され、これらの挿入穴 62 a は燃料供給通路 66 に連通しないように第 2 端板 62 の第 1 燃料穴 66 a に平行に形成され、更にこれらの挿入穴 62 a にはヒータ 63 がそれぞれ挿入される (図 8 及び図 11)。

【0045】第 1 端板 61 の下面、即ち第 1 端板 61 の空気極集電体 14 への対向面には複数のスリット 61 b が第 1 端板 61 の略中心から放射状に形成され、これらのスリット 61 b の幅及び深さは全長にわたってそれぞれ同一となるように形成される (図 11)。また第 2 端板 62 の上面、即ち第 2 端板 62 の燃料極集電体 13 への対向面には複数のスリット 62 b が第 2 端板 62 の略中心から放射状に形成され、これらのスリット 62 b の幅及び深さは全長にわたってそれぞれ同一となるように形成される (図 11)。更にセパレータ 52、第 1 端板 61 及び第 2 端板 62 の四隅にはボルトを挿通可能な通穴 52 c が形成される (図 9 及び図 10)。上記以外は第 1 の実施の形態と同一に構成される。

【0046】このように構成された燃料電池 50 では、燃料ガス ( $H_2$ 、 $CO$  等) を燃料供給パイプ 18 に導入すると、燃料ガスは燃料供給通路 56、66 を通り、セパレータ 52 及び第 2 端板 62 の略中心から燃料極集電体 13 の中心に向って吐出する。これにより燃料ガスは燃料極集電体 13 内の気孔を通過して燃料極層 11 b の略中心に速やかに供給され、更にスリット 52 b、62 b により案内されて燃料極層 11 b の略中心から外周縁に向って放射状に流れる。同時に空気 (酸化剤ガス) を空気供給パイプ 19 に導入すると、空気は空気供給通路 57、67 を通り、セパレータ 52 及び第 1 端板 61 の略中心から空気極集電体 14 の中心に向って吐出する。これにより空気は空気極集電体 14 内の気孔を通過して空気極層 11 c の略中心に速やかに供給され、更にスリット 52 b、61 b により案内されて空気極層 11 c の略中心から外周縁に向って放射状に流れる。

【0047】空気極層 11 c に供給された空気は空気極層 11 c 内の気孔を通過して固体電解質層 11 a との界面近傍に到達し、この部分で空気中の酸素は空気極層 11

cから電子を受け取って、酸化物イオン ( $O^{2-}$ ) にイオン化される。この酸化物イオンは燃料極層 11b の方向に向って固体電解質層 11a 内を拡散移動し、燃料極層 11b との界面近傍に到達すると、この部分で燃料ガスと反応して反応生成物 ( $H_2O$ 、 $CO_2$  等) を生じ、燃料極層 11b に電子を放出する。この電子を燃料極集電体 13 により取り出すことにより電流が発生し、電力が得られる。この結果、燃料ガスは燃料極集電体 13 を通って燃料極層 11b の全体に拡散するように流れ、空気は空気極集電体 14 を通って空気極層 11c の全体に拡散するように流れるので、発電効率は比較的に保たれる。更にセパレータ 52、第1端板 61 及び第2端板 62 に形成されたスリット 52b、61b、62b が渦巻き状ではなく放射状であるため、これらの機械加工が比較的容易である。上記以外の動作は第1の実施の形態の動作と略同様であるので、繰返しの説明を省略する。

【0048】なお、上記第1～第3の実施の形態では、酸化剤ガスとして空気を用いたが、酸素又はその他の酸化剤ガスを用いてもよい。また、上記第1～第3の実施の形態では、セパレータをステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金により形成したが、ランタンクロマイイト ( $La_{0.9}Sr_{0.1}CoO_3$ ) 等の導電性を有するセラミックにより形成してもよい。

【0049】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、 $(n+1)$  個の発電セルのうち  $i$  番目の発電セルの燃料極層と  $(i+1)$  番目の発電セルの酸化剤極層との間にセパレータをそれぞれ 1 枚ずつ合計  $n$  枚介装し、燃料極層及びセパレータ間に多孔質の燃料極集電体を介装し、酸化剤極層及びセパレータ間に多孔質の酸化剤極集電体を介装し、各セパレータに燃料供給通路及び酸化剤供給通路を形成し、1 番目の発電セルの酸化剤極層に積層された第1端板に酸化剤供給通路を形成し、更に  $(n+1)$  番目の発電セルの燃料極層に積層された第2端板に燃料供給通路を形成したので、燃料ガスが燃料供給通路及び燃料極集電体を通り燃料極層の略中心から外周縁に向って流れ、同時に酸化剤ガスが酸化剤供給通路及び酸化剤極集電体を通り酸化剤極内を固体電解質層に沿って流れる。この結果、発電セルの表面の全てが発電に寄与するので、燃料ガス及び燃料極層の衝突回数と、酸化剤ガス及び酸化剤極層の衝突回数が多くなり、発電効率が向上する。なお、本発明の燃料電池の外径を大きくするに従って反応経路が増大するので、発電性能の向上に繋がる。

【0050】またセパレータ又は第1端板に形成された各酸化剤供給通路が酸化剤ガスをセパレータ又は第1端板の外周面から導入してセパレータ又は第1端板の酸化剤極集電体に対向する面からシャワー状に略均一に吐出させるように構成すれば、酸化剤ガスが酸化剤供給通路からシャワー状に酸化剤極集電体に向って略均一に吐出

されるので、この酸化剤ガスにより発電セルを均一に加熱・冷却できる。また燃料電池の発電中におけるジュール熱の発生により、発電セルが加熱されて設定温度より上昇したときに、この設定温度より僅かに低い温度の酸化剤ガスを上記酸化剤供給通路から吐出させることにより、発電セルを均一に冷却できるので、発電セルの局所的な加熱又は冷却による損傷を防止できる。またセパレータ及び第1端板に形成された酸化剤供給通路が各セパレータの外周面からセパレータの略中心に向う単一の第1酸化剤穴と、酸化剤極集電体の略中心に臨む第2酸化剤穴とをそれぞれ有するように構成すれば、酸化剤供給通路が比較的単純な形状であるため、セパレータ及び第1端板の製作工数を低減することができる。

【0051】また燃料供給通路及び酸化剤供給通路のいずれにも連通しないように  $n$  枚のセパレータ、単一の第1端板及び単一の第2端板のそれぞれに複数の挿入穴を形成し、これらの挿入穴にヒータを挿入すれば、燃料電池の起動時にヒータに通電することにより発電セルを速やかに昇温できるので、昇温時間を短縮できる。また発電セルが均一に昇温し、発電セルの中心と外周縁との温度差がなくなって均一に熱膨張するため、発電セルの損傷を防止できる。また複数の挿入穴にヒータ及び温度センサを挿入すれば、温度センサの検出出力に基づいてヒータを制御することにより、セパレータ等の温度をきめ細かく制御できる。また燃料供給通路及び酸化剤供給通路のいずれにも連通しないように  $n$  枚のセパレータ、単一の第1端板及び単一の第2端板のそれぞれに複数の軽量化穴を形成すれば、セパレータ、第1端板及び第2端板の重量を小さくできるので、燃料電池の軽量化を図ることができる。

【0052】また  $n$  枚のセパレータの燃料極集電体への対向面及び単一の第2端板の燃料極集電体への対向面に、各セパレータ及び第2端板の中心から渦巻き状に延びる複数のスリットをそれぞれ形成すれば、燃料ガスが上記スリットに沿って渦巻き状に流れ、燃料ガスの反応経路が長くなる。この結果、燃料ガスと燃料極層との衝突回数が増え、燃料電池の出力を向上できる。また  $n$  枚のセパレータの燃料極集電体への対向面及び単一の第2端板の燃料極集電体への対向面に、各セパレータ及び第2端板の中心から放射状に延びる複数のスリットをそれぞれ形成すれば、燃料ガスが上記スリットに沿って放射状に流れ、燃料ガスの反応経路が比較的長くなる。この結果、燃料ガスと燃料極層との衝突回数が比較的多くなり、燃料電池の出力を向上できる。また  $n$  枚のセパレータの酸化剤極集電体への対向面及び単一の第1端板の酸化剤極集電体への対向面に、各セパレータ及び第1端板の中心から放射状に複数のスリットをそれぞれ形成すれば、酸化剤ガスが上記スリットに沿って放射状に流れ、酸化剤ガスの反応経路が比較的長くなる。この結果、酸化剤ガスと酸化剤極層との衝突回数が比較的多くなり、

燃料電池の出力を向上できる。

【0053】またニッケルめっきされたステンレス鋼製の燃料極集電体をステンレス鋼製のセパレータ及び第2端板に接合し、銀めっきされたステンレス鋼製の酸化剤極集電体をステンレス鋼製のセパレータ及び第1端板に接合すれば、セパレータ及び第1端板が高温で酸化剤ガスに曝されても、セパレータ及び酸化剤極集電体の接合部分と、第1端板及び酸化剤極集電体の溶着された接合部分が溶着されているため、これらの接合部分の酸化を防止できる。この結果、セパレータ及び燃料極集電体の電氣的導通と、第2端板及び燃料極集電体の電氣的導通のみならず、セパレータ及び酸化剤極集電体の電氣的導通と、第1端板及び酸化剤極集電体の電氣的導通を上記接合部分を通して長期間保持できるとともに、燃料電池の組立作業時間を短縮し、組立作業性を向上できる。更に各セパレータ、第1端板及び第2端板の表面にニッケルめっき等を施せば、セパレータ、第1端板又は第2端板と、燃料極集電体又は酸化剤極集電体との電氣的導通を更に長期間保持できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明第1実施形態の燃料電池を示す図2のA-A線断面図。

【図2】図1のB-B線断面図。

【図3】図1のC-C線断面図。

【図4】本発明の第2実施形態を示す図5のD-D線断面図。

【図5】図4のE-E線断面図。

【図6】図4のF-F線断面図。

【図7】図6のG-G線断面図。

【図8】本発明の第3実施形態を示す図9のH-H線断面図。

【図9】図8のI-I線断面図。

【図10】図8のJ-J線断面図。

【図11】図10のK-K線断面図。

【符号の説明】

10, 30, 50 燃料電池

11 発電セル

11a 固体電解質層

11b 燃料極層

11c 空気極層（酸化剤極層）

12, 32, 52 セパレータ

12a, 32a, 52a, 61a, 62a 挿入穴

12b, 22b, 32b, 41b, 42b, 52b, 61b, 62b スリット

13 燃料極集電体

14 空気極集電体（酸化剤極集電体）

16, 26, 36, 46, 56, 66 燃料供給通路

17, 27, 37, 47, 57, 67 空気供給通路（酸化剤供給通路）

17a, 37a, 47a, 57a, 67a 第1空気穴（第1酸化剤穴）

17b, 27b, 37b, 47b, 57b, 67b 第2空気穴（第2酸化剤穴）

17c 第3空気穴（第3酸化剤穴）

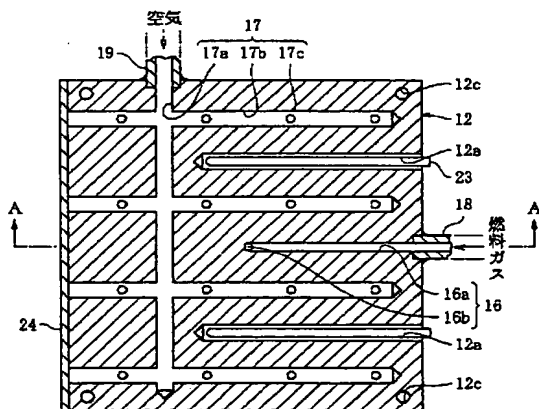
21, 41, 61 第1端板

22, 42, 62 第2端板

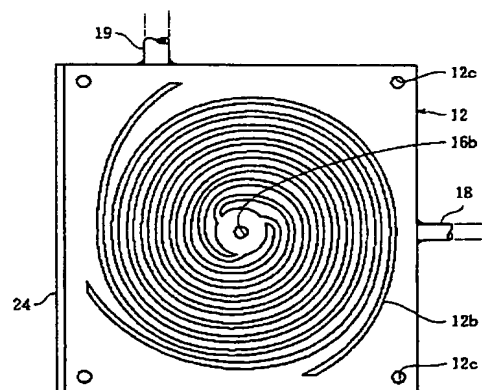
23, 43, 63 ヒータ

25 温度センサ

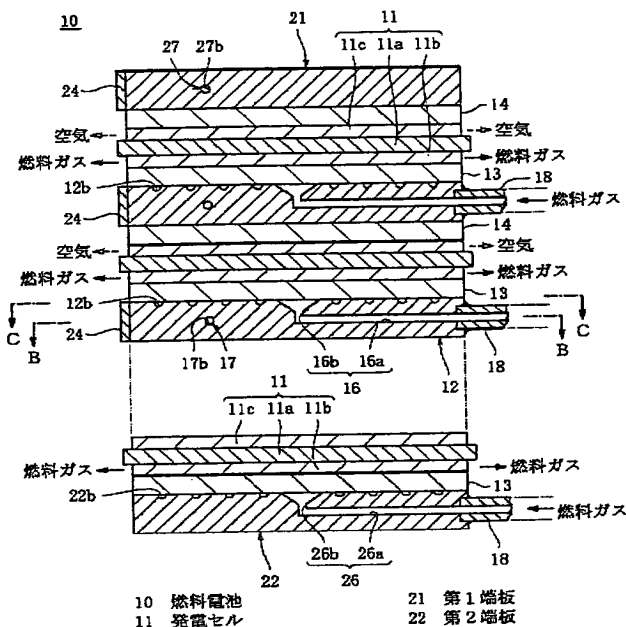
【図2】



【図3】

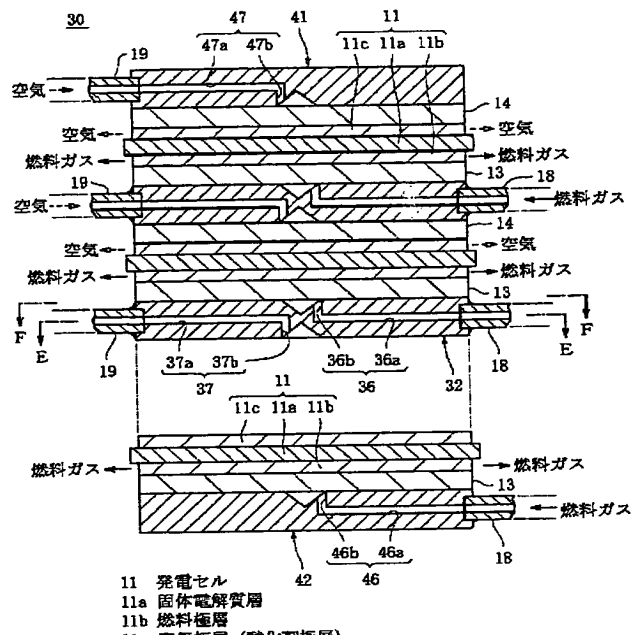


【図1】



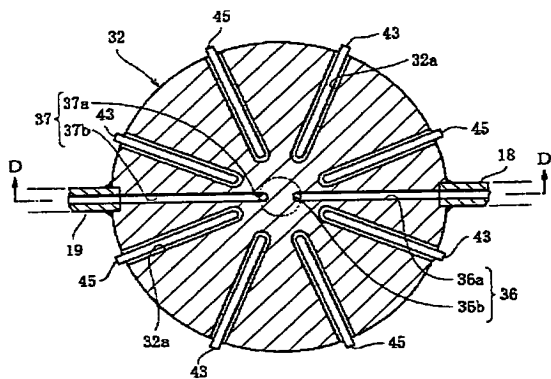
- 10 燃料電池
- 11 発電セル
- 11a 固体電解質層
- 11b 燃料極層
- 11c 空気極層 (酸化剤極層)
- 12 セパレータ
- 12b, 22b スリット
- 13 燃料極集電体
- 14 空気極集電体 (酸化剤極集電体)
- 16, 26 燃料供給通路
- 17, 27 空気供給通路 (酸化剤供給通路)
- 17b, 27b 第2空気穴 (第2酸化剤穴路)
- 21 第1端板
- 22 第2端板

【図4】

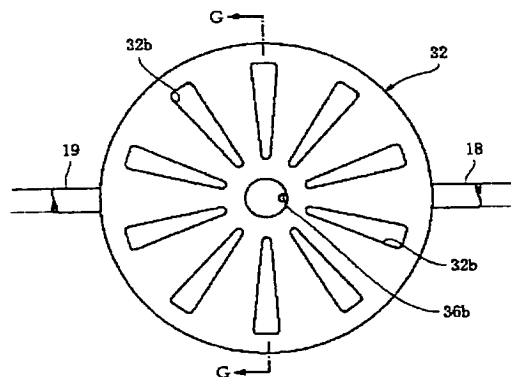


- 11 発電セル
- 11a 固体電解質層
- 11b 燃料極層
- 11c 空気極層 (酸化剤極層)
- 13 燃料極集電体
- 14 空気極集電体 (酸化剤極集電体)
- 30 燃料電池
- 32 セパレータ
- 36, 46 燃料供給通路
- 37, 47 空気供給通路 (酸化剤供給通路)
- 37a, 47a 第1空気穴 (第1酸化剤穴路)
- 37b, 47b 第2空気穴 (第2酸化剤穴路)
- 41 第1端板
- 42 第2端板

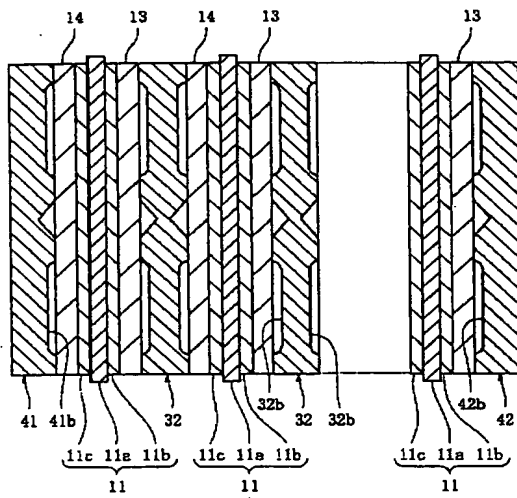
【図5】



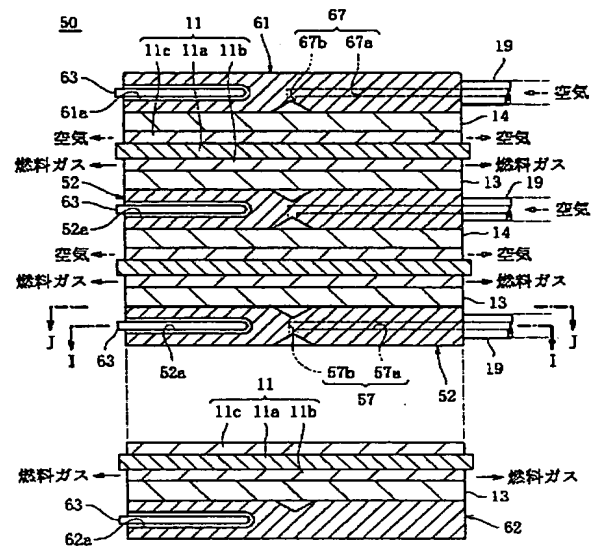
【図6】



【図7】

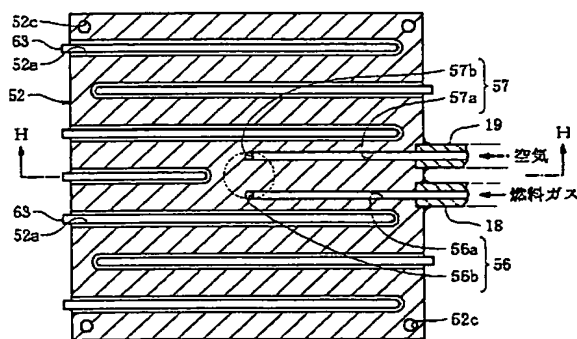


【図8】

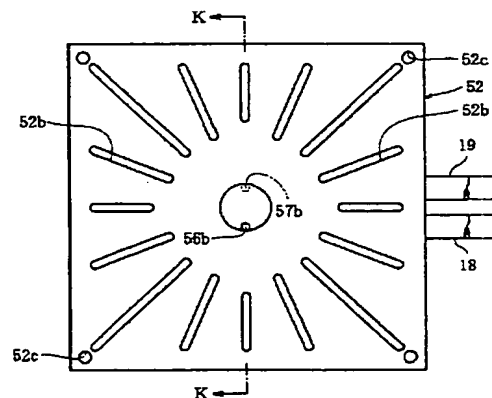


- |               |                  |    |      |
|---------------|------------------|----|------|
| 11            | 発電セル             | 61 | 第1端板 |
| 11a           | 固体電解質層           | 62 | 第2端板 |
| 11b           | 燃料極層             | 63 | ヒータ  |
| 11c           | 空気極層 (酸化剤極層)     |    |      |
| 13            | 燃料極集電体           |    |      |
| 14            | 空気極集電体 (酸化剤極集電体) |    |      |
| 50            | 燃料電池             |    |      |
| 52            | セパレータ            |    |      |
| 52a, 61a, 62a | 挿入穴              |    |      |
| 57, 67        | 空気供給通路 (酸化剤供給通路) |    |      |
| 57a, 67a      | 第1空気穴 (第1酸化剤穴)   |    |      |
| 57b, 67b      | 第2空気穴 (第2酸化剤穴)   |    |      |

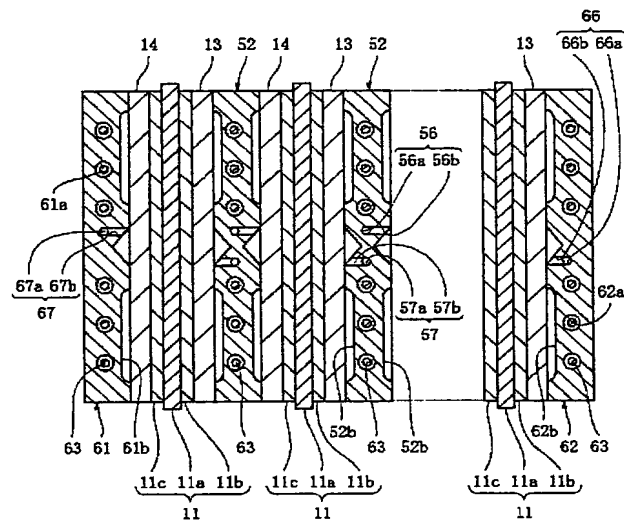
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
H01M 8/24

識別記号

F I  
H01M 8/24

テームード(参考)  
R

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**BLANK PAGE**